

Iluminação artificial em horticultura protegida: uso de *leds*

A horticultura protegida desempenha um papel preponderante na produção de alimentos de qualidade e de valor acrescentado. A disponibilidade da radiação solar é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das culturas hortícolas. O recurso à iluminação artificial pode ser feita como suplemento da luz natural, quando esta é insuficiente, ou para prolongar o fotoperíodo. Cada espécie hortícola tem exigências próprias de qualidade e intensidade de radiação. A tecnologia LED é a mais utilizada pelas vantagens que apresenta em relação aos sistemas tradicionais de luz.

Maria da Graça Palha . INIAV, I.P.



Horticultura protegida

A produção de hortícolas em cultura protegida pretende, de certa forma, proporcionar microclimas favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas, contribuindo para a melhoria da produtividade das culturas e a qualidade de produção. Trata-se de um sistema intensivo de produção que se caracteriza por uma elevada produtividade e pelo uso mais eficiente de fatores de produção.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), fornecer alimentos adequados para a crescente população mundial é um dos desafios mais sérios do século XXI. Recursos financeiros insuficientes, água doce limitada, terras agrícolas limitadas, clima desfavorável e luz inadequada para a fotossíntese são algumas das barreiras a superar para melhorar a produção agrícola (Mahdavian & Wattanapongsakorn, 2017). Segundo estes autores, o uso de estufas para produção industrial pode resolver ou reduzir os problemas atrás referenciados.

No cenário atual de alterações climáticas com ocorrência de eventos extremos, a horticultura protegida desempenha um papel preponderante na produção de alimentos de qualidade e de valor acrescentado. As estruturas de proteção, pa-

ra além de protegerem as plantas dos efeitos adversos de diversos elementos climáticos (vento, chuva, granizo, neve ou temperaturas extremas), permitem alongar a época de produção, quer pela antecipação (produção precoce), quer pelo atraso (produção tardia). Por outro lado, a aplicação desta técnica de cultivo, possibilita uma maior flexibilidade nos calendários e na eleição das espécies a produzir. Hoje em dia, em Portugal, utilizando cultivares com diferentes capacidades produtivas e tecnologias específicas de produção é possível produzir muitas hortícolas praticamente durante o ano inteiro.

Em Portugal, a horticultura protegida ocupa uma área de 4301 ha (INE, 2017). Nos últimos anos, este valor aumentou significativamente pela enorme expansão de área em estufas e túneis na região do Alentejo Litoral, nomeadamente de pequenos frutos (framboesa e mirtilo), que ocupam uma área de cerca de 1200 ha no perímetro regado de Mira (Dias, 2019). As áreas de horticultura protegida localizam-se maioritariamente junto ao litoral, devido à sua característica de temperatura amena. Cerca de 75-85% da área protegida corresponde a túneis simples e múltiplos, com estruturas metálicas, enquanto 10-12% corresponde ainda a estruturas de madeira e 2-3% a estufas com vidro (Costa *et al.*, 2015). A área com culturas sem solo (cultivo hidropónico e em substrato) tem vindo a aumentar, acompanhando a modernização das

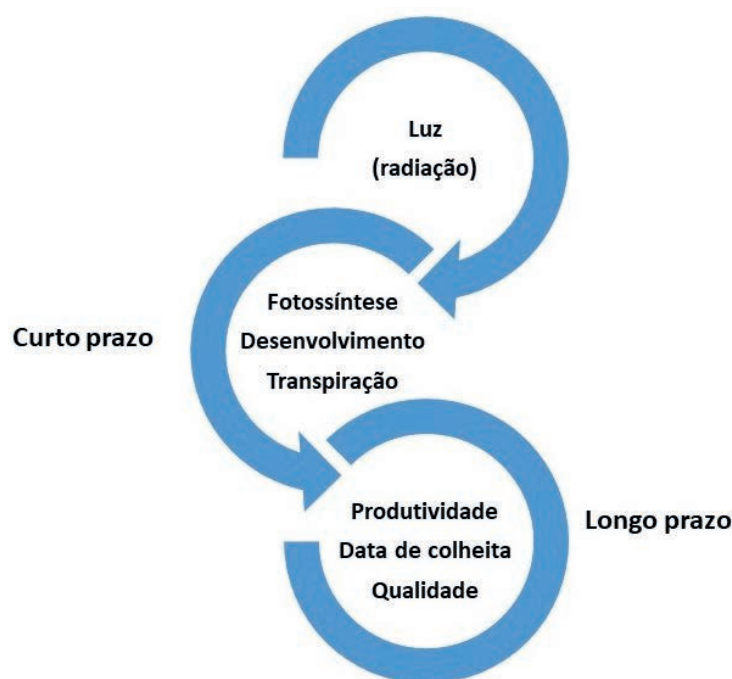


Figura 1 – Representação esquemática da influência da luz nas respostas fisiológicas das plantas (adaptado de Almeida e Reis, 2017)

estruturas e os recentes investimentos no setor. A radiação solar, a temperatura, o anidrido carbônico (CO_2) e a humidade relativa do ar são elementos que podem ser manipulados em estufas agrícolas, de modo a estimular o crescimento vegetativo e reprodutivo e, consequentemente, a produtividade das culturas.

Manipulação da luz

A radiação solar é um dos principais fatores ambientais que influenciam a vida das plantas, nomeadamente a radiação PAR (radiação fotossinteticamente ativa), através da sua influência em processos biológicos como a fotossíntese, a transpiração e a taxa de desenvolvimento da planta (Fig. 1). As plantas recebem a luz através de fotorreceptores, como os fitocromos e criptocromos, e respondem a esses receptores produzindo uma série de respostas fisiológicas específicas.

Nas regiões situadas a maiores latitudes, a luz em conjunto com a temperatura são dois fatores ambientais mais restritivos para o desenvolvimento das plantas, podendo ser limitantes no período outono-inverno, quando a intensidade luminosa e a temperatura são mais baixas, afetando a ativi-

dade fotossintética e a produtividade das culturas. O recurso à iluminação artificial e a um eficiente sistema de aquecimento são formas de compensar a limitação da luz e as baixas temperaturas. Já nas regiões mediterrânicas, onde se inclui Portugal, os maiores constrangimentos são: ocorrência de temperaturas abaixo das ótimas durante um a três meses; altas temperaturas diurnas na primavera e verão; alta humidade relativa noturna; ventos, neve e granizo inesperados; e pouca disponibilidade de água (Marques, 2017).

Em horticultura protegida, a manipulação da luz pode ser feita com três finalidades: aumento da intensidade da radiação solar ou do fotoperíodo (número de horas de luz) através da iluminação artificial; redução da radiação, através de sombreamento ou *blackout*; e modificação do espectro de radiação recebida, através de ecrãs coloridos ou iluminação com *leds* coloridos (Almeida e Reis, 2013).

A manipulação da luz nas estufas para aumento da intensidade luminosa ou do fotoperíodo é feita com recurso a lâmpadas de diferentes tipologias, conforme a espécie hortícola e o objetivo da produção.



Figura 2 – Estufa de plantas ornamentais com sistema de iluminação artificial

Iluminação artificial

No setor produtivo e de experimentação, a iluminação artificial é usada como única fonte de abastecimento ou como complemento de luz solar.

A luz artificial como única fonte de luz é fornecida em sistemas de produção hortícolas em que as condições ambientais (temperatura, iluminação, humidade e concentração de CO₂) são controladas inteiramente por dispositivos de controlo de ambiente que funcionam automaticamente. São designados, entre outros, por *Indoor Farming* (IFARM). O aparecimento destas unidades está associado à agricultura urbana, à produção de alimentos de melhor qualidade e segurança alimentar em sistemas sem solo e à produção o ano inteiro. Em ambientes fechados, tais como as câmaras de crescimento, utiliza-se também apenas a luz artificial para efetuar estudos fisiológicos de plantas, de sementes, cultura de tecidos, etc.

Em estufas e túneis (Fig. 2), a iluminação artificial é frequentemente utilizada como suplemento

da luz natural quando esta é insuficiente ou para prolongar o fotoperíodo. Pode também ser usada quando se pretende alterar a composição espectral da radiação.

Como suplemento da radiação solar, a luz artificial contribuirá para o aumento da taxa fotossintética da cultura com maior produção de fotoassimilados e, consequentemente, para o incremento da produtividade. Normalmente, a aplicação da luz faz-se no final de outono e no inverno.

Com a alteração do comprimento do dia (aumento) pretendem-se efeitos na morfofisiologia das plantas como o *stretching* da planta (aumento do caule, dos pecíolos e dos pedicelos, entre outros), a quebra de dormência e a diferenciação floral nas espécies hortícolas em que a floração é regulada pelo comprimento do dia. Em anos menos frios, a compensação de frio para a quebra de dormência das culturas mais exigentes pode ser feita com a interrupção do período escuro (noite) com períodos cíclicos de iluminação entre 15 e 30 minutos por hora.



Figura 3 – Setor de estufa com iluminação LED, às 9 h e às 18 h no mês de dezembro

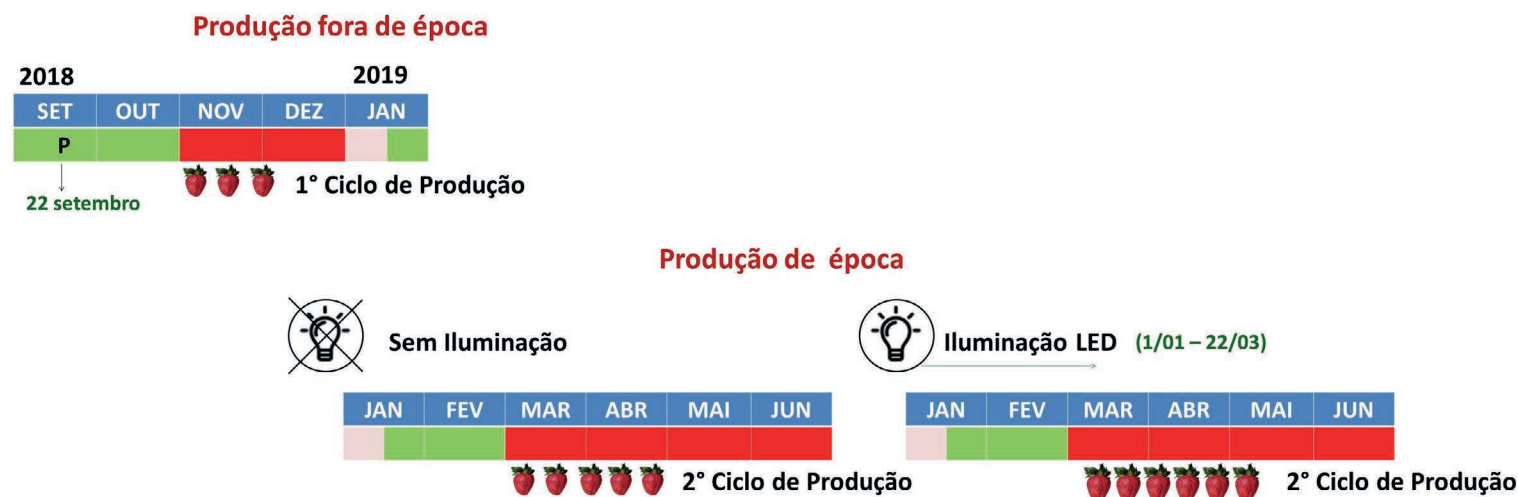


Figura 4 – Cronograma da tecnologia de produção *tray* de morangueiro, com ilustração da aplicação da iluminação LED no 2.º ciclo de produção

As mudanças na composição espectral da luz induzem diferentes respostas morfogénéticas e fotossintéticas consoante a espécie.

A faixa espectral da radiação solar, radiação PAR, que ativa o processo de fotossíntese nas plantas situa-se entre os 400-700 nm. Existem vários tipos de lâmpadas que possuem diferentes espectros de emissão de luz cuja escolha dependerá do objetivo da produção. Os sistemas de iluminação tradicional baseiam-se em lâmpadas incandescentes, fluorescentes, de sódio em alta pressão entre outros, que se colocam sobre a canópia da cultura. O aparecimento das lâmpadas LED (*light emitting diode*), em substituição das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, permitiu outras técnicas de iluminação, como p. ex. a colocação de lâmpadas entre as canópias de plantas, pois têm baixa emissão de calor. A possibilidade de juntar vários tipos de lâmpadas com diferentes espectros de emissão pode facilitar o crescimento ao longo do ciclo cultural (Almeida & Reis, 2017).

Cada espécie de planta tem exigências próprias de qualidade e intensidade de radiação, sendo diferentes para cada processo biológico. Ao selecionar as combinações certas dos espectros e intensidade da luz, pode-se controlar os vários processos biológicos da planta, como a fotossíntese, a germinação, o crescimento vegetativo e a floração.

Caso de estudo: luz *led* na cultura de morango

A iluminação com lâmpadas LED apresenta uma série de vantagens em relação à luz com outro tipo de lâmpadas. Permitem a utilização de comprimentos de onda específicos, consomem menos energia, libertam pouco calor e têm maior durabilidade. Apresentam, também, um desempenho superior em termos de eficiência energética (conversão de eletricidade em luz).

Desde 2014, o INIAV, I.P. tem vindo a desenvolver estudos sobre o efeito da luz artificial, como complemento da luz solar, na fisiologia e produtividade das plantas, com diferentes finalidades. Nos primeiros ensaios realizados com a cultura do morangueiro em substrato e em cultura protegida, houve uma evidência do aumento da intensidade luminosa (luz *led* 18 W, *deep red/white* com fluxo de fotões de 22 $\mu\text{mol s}^{-1}$) ter melhorado a taxa fotossintética das plantas que apresentaram uma maior área foliar em relação às plantas que cresceram em condições de luz natural (Pestana *et al.*, 2017). A luz *led* suplementar foi aplicada de novembro a fevereiro, quando os valores da radiação foram mais baixos (Fig. 3). Não obstante, a luz *led* não influenciou quer a precocidade da produção, quer a produtividade das plantas (Palha *et al.*, 2019). Os elevados níveis de radiância verificados durante a

fase de frutificação, nos meses de março a junho, anularam o efeito da luz *led*.

Atualmente, encontra-se a decorrer o projeto PDR2020 GO “*Competitive South Berries*” que tem como principal objetivo aumentar a competitividade dos pequenos frutos (amora, framboesa, mirtilo e morango) na região Sul, através da inovação das tecnologias de produção. Na cultura do morangueiro estão a ser desenvolvidas algumas inovações na tecnologia de produção *tray*. Com a tecnologia *tray* é possível obter dois ciclos de produção, um no outono/inverno e outro na primavera (Fig. 4).

No 2.º ciclo de produção, a iluminação LED foi aplicada diariamente em janeiro, perfazendo ciclos de 16 h de luz (fotoperíodo longo) até 22 de março. O objetivo desta iluminação é quebrar a dormência das plantas, com reinício do crescimento vegetativo e reprodutivo. Outra função, a simulação dos dias longos, estimula o alongamento dos pecíolos das folhas e pedúnculos florais, melhorando as condições sanitárias da cultura e a qualidade da produção, com menos frutos deformados (Patrício, 2019).

Nota final

O setor de horticultura protegida encontra-se em franca expansão e constitui um setor estratégico para suportar o crescimento populacional e a maioria de cenários de alterações climáticas com eventos extremos. No entanto, é necessário adotar estratégias que garantam a sustentabilidade ambiental, social e económica do setor (Costa *et al.*, 2014).

O uso de iluminação artificial com lâmpadas LED em estufa/túnel dependerá da espécie e da finalidade da produção. No caso de estudo apresentado, foi possível observar que a iluminação artificial como suplemento da radiação solar promoveu a taxa fotossintética da cultura, mas não a produção precoce e total de frutos. Nas condições do ensaio, embora os níveis de radiação solar tenham sido mais baixos durante o outono e inverno, não

foram limitantes para a produtividade da cultura. Já a aplicação da luz *led* em janeiro, para prolongamento da duração do período diurno, promoveu a quebra de dormência das plantas e melhorou a qualidade da produção. 🌱

Bibliografia

- Almeida, D. & Reis, M. (2017). *Engenharia Hortícola*. Publindústria, Edições Técnicas, Porto.
- Costa, J.M.; Reis, M.; Passarinho, J.A.; Palha, M.G.; Carvalho, S.M.P. & Ferreira, M.E. (2014). Sustentabilidade sócio-ambiental da horticultura protegida em Portugal. In: “VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas: Innovar y Producir para el Futuro” (F.G.UPM, ed.), Madrid, pp 1805-1810.
- Costa, J.M.; Reis, M.; Passarinho, J.A.; Palha, M.G.; Carvalho, S.M.P.; Almeida, D. & Ferreira, M.E. (2015). Sustentabilidade ambiental da horticultura protegida em Portugal. *Revista da Associação Portuguesa de Horticultura*, **118**:42-45.
- Dias, C. (2019). <https://www.publico.pt/2019/03/17/local/noticia/culturas-intensivas-vieram-agravar-realidade-ambiental-social-concelho-odemira-1864562>.
- INE (2017). *Inquérito à Estrutura de Explorações Agrícolas 2016*. Lisboa.
- Mahdavian, M. & Wattanapongsakorn, N. (2017). *Optimizing Greenhouse Lighting for Advanced Agriculture Based on Real Time Electricity Market Price*. <https://doi.org/10.1155/2017/6862038>.
- Marques, F.C. (2017). *Metodologia TRIZ aplicada ao desenvolvimento de uma estufa “Inteligente” energeticamente sustentável*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, FCT/UL, Lisboa.
- Palha, M.G.; Pestana, F. & Oliveira, C.M. (2019). Plant growth, yield and fruit quality of *Fragaria* × *ananassa* genotypes under supplemental LED lighting system and substrate cultivation. *Acta Hort.*, **1265**:91-98.
- Patrício, S.C. (2019). *Avaliação do potencial de plantas tray de morangueiro. Arquitetura floral e produtividade*. Tese de Mestrado em Engenharia Agronómica, ISA/UL, Lisboa.
- Pestana, F.; Semedo, J.N.; Scotti-Campos, P.; Oliveira, C.M. e Palha, M.G. (2018). Influência da iluminação LED no desempenho fotossintético de *Fragaria* × *ananassa* em substrato. *Actas Portuguesas de Horticultura*, **29**:272-277.